Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung.

XXVI.

Über den Einfluß der Radiumemanation auf die höhere Pflanze

von

Hans Molisch,

w. M. k. Akad.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.
Nr. 41 der zweiten Folge.

(Mit 3 Tafeln und 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Juli 1912.)

I. Einleitung.

Während die von festen, in zugeschmolzenen Glasröhrchen oder sonstwie eingeschlossenen Radiumpräparaten ausgehende Strahlung in ihrer Einwirkung auf die Pflanze bereits oft untersucht wurde,[1] liegen nur spärliche Beobachtungen über den Einfluß der Radiumemanation auf die Pflanze vor.

Die ersten Versuche rühren von Gager[2] her. In einem Blumentopf wurden ungequollene Früchte von Thimothegras (Thimody grass) nur mit einer sehr dünnen Erdschichte bedeckt,

---

[1] Vergl. die Literatur namentlich bei Körnicke M., Über die Wirkung von Röntgen- und Radiumstrahlen auf den pflanzlichen Organismus. Ber. d. Deutsch. bot. Ges., 1904, Bd. 22 und 1905, Bd. 23; vergl. auch Fabre G., Altérations organiques et fonctionelles des organismes végétaux sous l'influence du radium. Compt. rend de la société de biologie 1910, T. II, Paris, p. 523.

[2] S. Gager, The influence of Radium Rays. on a few life processes of plants. Contrib. from the Department of botany of the university of Missouri. 1909, Nr. 16, p. 226 bis 228.

ausgesät und unter einer luftdicht abgeschlossenen Glasglocke mit Luft versehen, die eine unbestimmte Menge Emanation enthielt. Es ergab sich nach sechstägiger Exposition im Gegensatz zu den Kontrollexemplaren eine schwache Hemmung in der Entwicklung. Bei den Wurzeln der weißen Lupine hingegen war nach zwölfstündiger Einwirkung eine Förderung des Längenwachstums eingetreten. Die totale Zuwachslänge betrug bei den exponierten Wurzeln 28 *mm* und bei den Kontrollpflanzen 16 *mm*.

Falta und Schwarz[1] beobachteten einen intensiv fördernden Einfluß auf das Wachstum der Keimlinge von *Avena sativa*. Die Haferfrüchte wurden in flachen Schälchen, die mit der gleichen Menge feuchter Erde beschickt waren, ausgesäet Die Schälchen standen auf Glasschalen unter Glasglocken von 1 *l* Inhalt, die mit Wachs von der Außenluft abgeschlossen waren. Durch den Hals der Glocken wurde täglich mittels eines Gebläses eine bestimmte Menge Emanation eingepumpt. Der Emanationsgehalt schwankte bei den einzelnen Versuchen. Er betrug in zwei Versuchen 31.000 und in einem dritten 270.000 Macheeinheiten.

Die Unterschiede in der Länge zwischen den normalen und den Emanationskeimlingen waren in den drei geschilderten Versuchen bedeutend. Die Gesamtlängen, die in der Emanationsluft stets größer waren, verhielten sich in einem Versuche nach siebentägiger Exposition wie 8 : 14, in einem anderen nach zehntägiger Einwirkung wie 40 : 56.

Nach Jansen[2] wird eine Oberflächenkultur von Bacillus prodigiosus durch eine Emanation von etwa 400 Macheeinheiten pro 1 cm^3 getötet. Auch wird die Ausbildung des roten Farbstoffes durch die Emanation gehemmt, ja sie kann soweit unterdrückt werden, daß man ganz farblose Kolonien erhält. Unter normalen Verhältnissen tritt die Pigmentbildung wieder auf.

---

[1] Falta W. und Schwarz G., Wachstumsförderung durch Radiumemanation. Berliner klin. Wochenschr. 1911, Nr. 14.

[2] Jansen H., Untersuchungen über die bakterizide Wirkung der Radiumemanation etc. Zeitschr. für Hygiene etc. 1910, Bd. 67, p. 135. Hier auch die übrige Literatur über die bakteriziden Eigenschaften der Radiumemanation.

Vor kurzem konnte ich[1] zeigen, daß ruhende Knospen gewisser Gehölze in einer bestimmten Phase der Ruhe durch eine mehr minder lange Einwirkung der Radiumemanation aus ihrer Ruhe geweckt werden und austreiben. Verschiedene Beobachtungen, die ich während dieser Arbeit zu machen Gelegenheit hatte, ließen es mir wünschenswert erscheinen, meine Versuche auch auf nicht ruhende Pflanzen auszudehnen, umsomehr als darüber, wie wir gesehen haben, derartige Versuche bisher in spärlicher Zahl ausgeführt worden sind und einschlägige Versuche mit Tieren ganz auffallende Resultate ergeben haben.[2] Auch war zu prüfen, ob die zum Teil widersprechenden Ergebnisse über die bald fördernde, bald hemmende Wirkung der Emanation richtig sind und wenn ja, worauf dieses entgegengesetzte Verhalten beruht.

II. Eigene Versuche.

A. Methodik.

Um die zu untersuchenden Pflanzen der Emanation auszusetzen, benützte ich den in Fig. 1 abgebildeten Apparat, den ich schon in meiner Arbeit über das Treiben von Pflanzen mittels Radium benützt und beschrieben habe. Ein zylindrisches Glasgefäß von 24 *cm* Höhe und 16·5 *cm* Breite, oben mit einem Glasdeckel verschlossen, diente als Emanationsraum und Kulturgefäß. Der Deckel ist mittels Vaselin luftdicht auf das Gefäß aufgesetzt und trägt einen mit einem Kautschukpfropf verschlossenen Hals, der von einem Glasrohr durchsetzt ist. Dieses führt nach unten in den Kulturraum, gabelt sich oben und ist im übrigen so eingerichtet, daß die mit der Kautschukbirne eingepreßte Luft bei dem einen Gabelast in den Kulturraum hineinströmen und durch ein Loch in den anderen Gabelast abstreichen konnte. Durch zwei Kautschukschläuche stand der Kulturraum mit einer Waschflasche in Verbindung, die eine wässerige Lösung von Radiumchlorid,

[1] Molisch H., Über das Treiben von Pflanzen mittels Radium. Diese Berichte. 1912, Bd. CXXI, Abt. I, p. 121.

[2] London E. S., Das Radium in der Biologie und Medizin. Leipzig 1911, p. 102.

im ganzen 15·1 *mg* $RaCl_2$ = 11·5 *mg* Ra (Element) enthielt. Die Radiumlösung erzeugt beständig Emanation. Durch häufiges, etwa 20 maliges Zusammendrücken der Kautschukbirne wird die Emanation, die bekanntlich ein Gas darstellt, aus der Waschflasche in das Kulturgefäß getrieben und dieses auf diese Weise mit Emanation versehen. Nachdem die Emanation in das Versuchsgefäß hinübergeleitet worden war und mit der



Fig. 1. **Versuchsanstellung mit Emanation.**

Das Glasgefäß (links) enthält die Radiumlösung, die die Emanation erzeugt. Aus diesem wird die Emanation durch ein Gebläse in das Versuchsgefäß (rechts) gepumpt.

Emanationsluft des Erzeugungsgefäßes im Gleichgewichte stand, wurden die Hähne des letzteren geschlossen. Wenn alle 24 Stunden gequirlt und Emanation in den Versuchsraum geleitet wurde, so gelangen in den Versuchsraum zirka 16 % der Gleichgewichtsmenge, also 1·84 *mg* Ra-Äquivalent = 1·84 Millicurie Emanation; wenn alle 48 Stunden Emanation durchgeleitet wurde, so treten 30 % der Gleichgewichtsmenge, also 3·45 Millicurie über. Im Folgenden wird die mit dieser

Radiumlösung erzeugte Emanation stets als »starke« bezeichnet. Ich arbeitete aber noch mit zwei anderen Radiumlösungen, deren Emationen als »mittelstarke« und »schwache« bezeichnet werden. Die mittelstarke Emanation betrug im Versuchsraum 0·0009 Millicurie und die schwache 0·000124 Millicurie, wenn die Emanation aus den betreffenden Radiumlösungen alle 24 Stunden in das Versuchsgefäß übergeleitet wurde. Da ein Teil der Emanation in dem Luftraum über der Radiumlösung, in den Schlauchverbindungen und in der Lösung selbst verbleibt, so wäre dieser von den angegebenen Werten des Emanationsgehaltes noch in Abzug zu bringen. Sie würden sich nach Abzug um etwa 7 $^0/_0$ niedriger stellen. Eine Millicurie-Emanation in 1 *l* Luft entspricht etwa 2·4 Millionen Macheeinheiten. Die Emanation wurde alle 24 oder 48 Stunden erneuert.

Für den Kontrollversuch diente ein vollkommen gleicher Apparat, der einzige Unterschied bestand bloß darin, daß die Waschflasche hier keine Radiumlösung, sondern nur destilliertes Wasser enthielt. Um ja alle Versuchsbedingungen, hier wie dort, gleich zu machen, wurde auch in dem Kontrollapparat die Luft ebenso oft mit der Kautschukbirne durchgequirlt, wie in dem Emanationsapparat.

B. Versuche mit Keimpflanzen.

a) Vicia sativa.

Zwei Blumentöpfe wurden mit ganz jungen Keimlingen, deren Epikotyl etwa $^1/_2$ *cm* lang war, bepflanzt. Die Stengelknospen sahen nur ganz wenig über den Erdboden hervor. Der eine Topf kam in den Emanations-, der andere in den Kontrollraum. Die Emanation wirkte, täglich erneuert, 52 Stunden. Die Apparate wurden durch Zinkstürze vollständig verdunkelt. Die Temperatur des Versuchsraumes war etwa 20 bis 22° C. Beginn des Versuches am 7. November 1911.

Am 9. November ist der Unterschied bei den Keimlingen deutlich sichtbar.

Reine Luft	Emanationsluft
Länge des Epikotyls	
4 bis 5 *cm*	2·5 bis 4 *cm*
Sehr deutliche Nutation der Knospe Knospe hat reichlich Anthokyan	Keine Nutation der Knospe Knospe hat wenig oder kein Anthokyan

Am 11. November wurde der Versuch beendet und photographiert. Fig. 2. Der Unterschied ist auffallend. Die Nutation der Knospe ist bei den Emanationspflanzen fast ganz oder ganz aufgehoben, das Anthokyan kaum merklich entwickelt.

Bei den Kontrollpflanzen ist die Nutation und das Anthokyan deutlich zu sehen. Die Längen betrugen durchschnittlich bei den Kontrollpflanzen 14·1 *cm* und bei den Emanationspflanzen 3·6 *cm*. Als die Keimlinge dann im Warmhaus weiter kultiviert wurden, zeigte sich, daß die Emanationspflanzen fast gar nicht weiter wuchsen, um 1 bis 2 Tage später ergrünten als die normalen und ihre Stengelepidermis an vielen Stellen eine braune Farbe annahm.

b) **Phaseolus multiflorus.**

Versuchsanstellung genau wie vorher. Die Keimlinge traten am Beginn des Versuchs gerade mit ihren Epikotylen über den Erdboden hervor. Einwirkung der Emanation durch 4 Tage. Beginn am 16. November 1911.

Der Unterschied in beiden Kulturen war am 20. November auch hier sehr auffallend. Die Keimlinge in der Emanationsluft waren bedeutend im Wachstum gehemmt, ihre Knospen zeigten nur ganz schwache oder gar keine Nutation, Anthokyan- und Etiolinbildung waren gleichfalls gehemmt. Die Primordialblätter besaßen bei den Emanationspflanzen wegen der ungenügenden Farbstoffbildung eine gelblichweiße Farbe, im Gegensatz zu den normalen Pflanzen, die abgesehen von Anthokyan, eine rein gelbe aufwiesen. Die Epikotyllänge betrug bei den normalen Keimlingen nach viertägiger Exposition durchschnittlich 15·1 *cm*, bei den Emanationskeimlingen 7·0 *cm*. Siehe Fig. 3.

Nach 24 Stunden ergrünten im Warmhaus die Primordialblätter der normalen Pflanzen, während die Emanationspflanzen nach 48 Stunden noch wenig Chlorophyll gebildet hatten und daher blaßgrün waren. Die Emanationspflanzen wuchsen fast gar nicht weiter.

c) Pisum sativum.

Alles wie vorher. Beginn des Versuches am 20. November 1911. Einwirkung der Emanation durch 4 Tage.

Auch hier war der Längenunterschied der Epikotyle in den beiden Kulturen sehr groß. In der reinen Luft waren die Epikotyle am 24. November 10·7 *cm*, in der Emanationsluft aber nur 3·2 *cm* lang. Die Emanation hemmt das Wachstum der Stengel und der Wurzeln, die Etiolinbildung und begünstigt die Aufhebung der Knospennutation. Fig. 4.

d) Triticum vulgare.

Beginn des Versuches am 24. November 1911. Die Keimlingsspitzen traten gerade über den Boden hervor. Einwirkung der Emanation durch 4 Tage.

Am 28. November betrug die Länge des ersten Laubblattes bei den normalen Pflanzen durchschnittlich 11·8 *cm*, bei den Emanationspflanzen 5·6 *cm*.

Die Keimlinge der vorhergehenden Versuche kamen fast durchwegs zur Weiterkultur ins Warmhaus. Dabei stellte sich alsbald heraus, daß mit jedem Tage die Unterschiede zwischen den Keimlingen, die der Emanation ausgesetzt waren, und den Kontrollpflanzen immer größer wurden, weil die Emanationspflanzen nicht mehr oder nur unbedeutend wuchsen. Die Kontrollpflanzen hingegen wuchsen bis zur völligen Erschöpfung der Reservestoffe weiter und gingen dann, da sie infolge der im Winter allzu geringen Lichtintensität Kohlensäure nicht in genügender Menge assimilieren konnten, ein.

Die Stengel und Blätter der Emanationskeimlinge starben nach 3 bis 4 Wochen bei prall gefüllten Kotyledonen ab. Offenbar waren sie infolge einer durch die Emanation hervorgerufenen Störung außer Stande, sich die Reservestoffe nutzbar zu machen.

Es interessierte mich festzustellen, wie sich die Versuche später im Frühjahr und im Sommer, wenn die Lichtintensität eine große und für die Kohlensäureassimilation völlig ausreichende ist, gestalten würden. Ob dann die Emanationspflanzen im Wachstum auch völlig gehemmt werden und zugrunde gehen oder sich weiter entwickeln. Auch war es ja von vorneherein nicht ausgeschlossen, daß vielleicht solche Pflanzen Abänderungen im Habitus, in der Blüte oder Frucht aufweisen, was ja von größtem Interesse wäre.

Aus diesen Gründen wurden im April 1912 die Versuche wieder aufgenommen. Auch wurde nicht bloß die bisher benützte starke Radiumlösung, sondern auch noch eine zweite mittelstarke und eine dritte schwache (siehe p. 837) verwendet, um zu sehen, ob auch eine schwächere Emanation dieselben Erscheinungen hervorruft oder ob nicht vielleicht Förderungen in der Entwicklung der Pflanze eintreten.

e) **Cucurbita Pepo.**

9. April 1912. Die Samen wurden ungequollen in Blumentöpfen ausgesäet und dann bei einer Temperatur von 17° im Finstern der Emanation ausgesetzt.

I. Kontrollpflanzen.
II. Schwache Emanation durch 5 Tage.
III. Starke Emanation durch 5 Tage.

Am 26. April kamen die Kotyledonen bei I und II aus der Erde hervor. Die Hälfte der Keimlinge jeder Versuchsreihe blieb im Topfe und wurde vor einem Südfenster aufgestellt. Die andere Hälfte wurde ins freie Land gepflanzt.

Die Pflanzen in den Blumentöpfen.

Am 15. Mai 1912.

Bei	I	durchschnittliche	Länge	des	Hypokotyls	5·1 *cm*.
»	II	»	»	»	»	6·5
»	III	»	»	»	»	2·5

Schon der bloße Anblick lehrte, daß die Keimlinge von II größer und üppiger waren als die Kontrollpflanzen, mit anderen Worten, daß die Keimlinge durch die schwache Emanation in

ihrer Entwicklung gefördert wurden. Hingegen wurde durch die starke Emanation das Wachstum des Hypokotyls, der Wurzel und der Kotyledonen gehemmt. Siehe Fig. 5.

Die Pflanzen III gingen nach etwa 3 Wochen ein, ohne sichtlich weiter gewachsen zu sein, die von II und III wuchsen gut weiter und gelangten zur Blüte. Die Pflanzen II waren immer etwas stärker als die normalen, unterschieden sich aber sonst nicht von I.

Die Pflanzen im freien Lande.

III gingen auch hier zugrunde, II und I gediehen prächtig bis zur Frucht, ohne irgend merkliche Unterschiede aufzuweisen.

f) Cucurbita Pepo.

19. April 1912. Ein analoger Versuch wie vorher, doch wurden nicht die ungequollenen Samen, sondern die in Blumentöpfe ausgesäeten Keimlinge, deren Wurzeln schon eine Länge von 3 bis 4 *cm* besaßen, der Emanation ausgesetzt.

I. Kontrollpflanzen.
II. Schwache Emanation durch 3 Tage.
III. Starke Emanation durch 3 Tage.

Am 26. April 1912.

Bei I durchschnittliche Länge des Hypokotyls 4·3 *cm*.
» II » » » » 3·7
» III » » » » 2·2

Die eine Hälfte der Keimlinge jeder Kultur verblieb im Blumentopfe, die andere Hälfte wurde ins freie Land gepflanzt.

Am 15. Mai 1912.

Die Pflanzen im Blumentopfe.

Bei I durchschnittliche Länge des Hypokotyls 7·5 *cm*.
» II » » » » 7·4
» III » » » » 2·7

Die Emanation wirkt also hemmend. Zwischen diesem und dem vorigen Versuch zeigte sich insoferne ein Unterschied, als die schwache Emanation in dem vorigen Versuche

fördernd auf das Wachstum wirkte. Offenbar macht es einen Unterschied, ob die Emanation auf den ungequollenen Samen oder auf den jungen Keimling wirkt. Im ersteren Falle fördert schwache Emanation, im letzteren hemmt sie.

Die Pflanzen im freien Lande.

III starben ab, II und I wuchsen anscheinend gleich stark bis zur Fruchtbildung weiter.

g) **Helianthus annuus.**

Am 25. April 1912 wurden die Früchte ungequollen in der Luft bei einer Temperatur von 18° C. durch 2, beziehungsweise 4 Tage schwacher und starker Emanation ausgesetzt und dann zum Teil in Blumentöpfen vor einem Südfenster, zum Teil im freien Lande ausgepflanzt.

Die Pflanzen in Blumentöpfen.

Am 15. Mai 1912.

	Durchschnittliche Länge des Hypokotyls
I. Kontrollpflanzen	5·7 *cm*
II. Schwache Emanation durch 2 Tage	9·5
III. Starke » » 2 »	0·4
IV. Schwache » » 4 »	6·4
V. Starke » » 4 »	0·2

Abgesehen von III und V hatten alle Keimlinge schon ein Paar Primordialblätter. Die Kotyledonen von III und V waren viel dunkler grün als die anderen. Der Versuch lehrte, daß die Früchte, beziehungsweise Samen, die durch 2 bis 4 Tage besonders aber die, die durch 2 Tage schwacher Emanation ausgesetzt waren, rascher wuchsen als die Kontrollpflanzen, daß aber die starke Emanation auf Keimung und Wachstum in hohem Grade hemmend einwirkte. Die Keimlinge I, II und III wurden photographiert. Siehe Fig. 6.

3 Wochen später starben die Keimlinge III und V ab, während die anderen prächtig weiter wuchsen. Die Keimlinge II

und IV waren den Kontrollpflanzen etwas vor, sie waren etwa 3 *cm* höher.

Die Pflanzen im freien Lande.

III starben ab, II und I wuchsen ohne merklichen Unterschied prächtig bis zur Fruchtbildung weiter.

h) Secale cereale.

Ganz derselbe Versuch wie vorher (*g*). Eingeleitet am 25. April 1912.

Die Pflanzen in Blumentöpfen.

Am 15. Mai 1912.

	Durchschnittliche Länge
I. Kontrollpflanzen	14·1 *cm*
II. Schwache Emanation durch 2 Tage ...	13·8
III. Starke » » 2 » ...	0·83
IV. Schwache » » 4 » ...	12
V. Starke » » 4 » ...	0·8

Die Emanation wirkt durchwegs hemmend auf das Wachstum, die schwache sehr wenig, die starke enorm. Die Keimlinge III und V wachsen nicht mehr weiter, ihre Samen verfaulen, ihre Blattspitzen sind mit einer schneeweißen, krystallinischen Masse bedeckt. Die Keimlinge I, II und III wurden photographiert. Siehe Fig. 7.

Als derselbe Versuch wie bei I, II und III mit jungen Roggenkeimlingen gemacht wurde, deren Triebspitzen sich eben zu zeigen begannen, ergab sich im wesentlichen dasselbe Resultat. Auch hier hemmte die Emanation, aber die starke etwas schwächer, denn die Keimlinge erreichten doch eine Länge von 3 bis 3·5 *cm*, während die, welche noch vor der Keimung mit Emanation behandelt wurden, kaum 1 *cm* erreichten.

Nach etwa 2 Wochen gingen III und V ein. Die anderen wuchsen gut weiter, ein Unterschied zwischen den Kontroll- und Emanationspflanzen war nur insoferne, als die letzteren ein wenig schwächer waren.

i) Phaseolus multiflorus.

4. Mai 1912. Die in Blumentöpfen befindlichen Keimlinge hatten, als sie der Emanation unterworfen wurden, bereits Wurzeln von 3 *cm* Länge. Temperatur 17° C.

I. Kontrollpflanzen.
II. Schwache Emanation.
III. Starke Emanation.

Nach 48stündiger Einwirkung der Emanation wurden die Keimlinge vor einem Südfenster aufgestellt.

Am 15. Mai 1912.

Bei	I	betrug	die	durchschnittliche	Länge	des	Epikotyls	16·5 *cm*
»	II	»	»	»	»	»	»	15
»	III	»	»	»	»	»	»	4·6

Die Versuchsreihe bot den in der Fig. 8 wiedergegebenen Anblick. Die Keimlinge I hochgradig gehemmt, ihre Blätter klein und gelblichgrün. Die Keimlinge II und III üppig und die Blattspreiten bei II im Vergleich zu denen von III merklich gefördert.

Nun wurde die Hälfte der Keimlinge jedes Blumentopfes ins freie Land gesetzt, die andere Hälfte verblieb in den Töpfen.

Die Keimlinge III in den Töpfen blieben bis etwa 15. Juni stationär, sie wuchsen, obwohl die Kotyledonen mit Reservestoffen gefüllt waren, nicht weiter. Dann entwickelten sich die Seitenknospen der Primordialblätter auf etwa 10 *cm* weiter, aber am 1. Juli starben die Pflanzen trotz sorgfältiger Pflege plötzlich ab.

Die Pflanzen im freien Lande.

III starben mit Ausnahme eines Exemplars, das Ende Juni einen Seitentrieb bildete, ab, II und I entwickelten sich gut ohne merklichen Unterschied bis zur Fruchtbildung weiter.

j) Mathiola incana.

Beginn des Versuches am 29. April 1912. Die jungen Keimlinge fangen an, die Erde zu durchbrechen.

I. Kontrollpflanzen.

II. Schwache Emanation.

III. Starke Emanation.

Nach 48stündiger Einwirkung der Emanation wurden die Keimlinge vor einem Südfenster aufgestellt.

Am 17. Mai 1912 waren die Keimstengel bei I 2 *cm*, bei II 2·3 *cm* und bei III $^1/_2$ *cm* hoch.

Am 4. Juni 1912 wurden die Pflanzen photographiert. Siehe Fig. 9.

Die Keimlinge III sind zum Teil schon abgestorben, zum Teil leben sie noch, im Wachstum sind sie vollständig gehemmt. Die Keimlinge II übertreffen die normalen um ein Bedeutendes. Die Förderung, die das Wachstum durch die schwache Emanation erfahren kann, zeigt sich in diesem Versuche besonders deutlich. 2 Wochen später starben die Keimlinge III ab, die anderen wuchsen später gut weiter und zeigten keine besonderen Unterschiede.

Aus den vorhergehenden, im Spätherbst, Winter und Frühjahr eingeleiteten Versuchen ergibt sich, daß die Emanation, in genügender Stärke vorhanden, einen hemmenden Einfluß auf die Entwicklung ausübt, der nach hinreichend langer Einwirkung der Emanation so weit gehen kann, daß das Wachstum des Stengels, der Blätter und Wurzeln völlig sistiert wird und die Pflanze abstirbt. Auch die schwache und, wie ich hinzufügen kann, auch die mittelstarke Emanation bewirkte gewöhnlich eine schwache oder mäßige Hemmung, in einzelnen Fällen aber, namentlich wenn die Emanation auf die Samen vor der Keimung einwirkte, zeigte sich bei Verwendung einer schwachen Emanation eine merkliche Förderung der Entwicklung. Darin äußert sich eine gewisse Ähnlichkeit mit gewissen Giften. Ein Gift kann in Spuren als Reizstoff fördernd auf gewisse physiologische Prozesse wirken, in größeren Mengen aber wirkt es hemmend oder tötend. So verhält es sich auch mit der Emanation.

Auffallend ist, daß die Keimlinge, wenn die starke Emanation 1 bis 2 Tage auf sie eingewirkt hat, unmittelbar darauf zwar die bereits beschriebenen Veränderungen aufweisen, sonst aber nicht besonders geschädigt und jedenfalls lebensfähig

erscheinen. Die hochgradige Schädigung, die sie erlitten, tritt jedoch bald durch völlige oder fast völlige Sistierung der weiteren Entwicklung in Erscheinung, der nach einiger Zeit ein rasches, oft plötzliches Absterben nachfolgt. Der Stillstand des Wachstums wurde von Körnicke[1] und mir[2] auch nach Bestrahlung von Samen und Keimlingen durch feste Radiumpräparate festgestellt. Körnicke hat diese Erscheinung als »Radiumstarre« bezeichnet.

Speziell bei *Phaseolus* und *Pisum* kann man sehen, daß die Reservestoffe nicht mobilisiert werden, die Emanation ruft eine Hemmung hervor, die eine weitere Verwendung der Kotyledonenstärke verhindert. Ob hierbei die Fermente lahm gelegt werden oder ihre Bildung verhindert wird, vermag ich vorläufig nicht zu sagen, dies muß durch spezielle Untersuchungen geprüft werden.

Die Wirkung der Emanation unterscheidet sich in auffallender Weise von der Wirkung der Narkotika oder gewisser Gifte. Wenn man z. B. Pflanzen dem Tabakrauch[3] aussetzt, so treten auffallend abnorme Wachstumserscheinungen auf, allein der Reiz wirkt nur ganz kurze Zeit nach. Sowie die Pflanzen wieder in reine Luft gebracht werden, wachsen sie weiter und verhalten sich normal. Ganz anders bei der Emanation. Hier tritt eine physiologische Nachwirkung ein. Die Schädigung hält an und der Einfluß der starken Emanation macht sich dauernd oder längere Zeit geltend.

C. Versuche mit anderen Pflanzen.

Bisher war nur von Versuchen mit Keimlingen die Rede. Es war nun die Frage, wie sich die erwachsene Pflanze gegenüber der Emanation verhält. Um dies zu eruieren, wurde eine größere Versuchsreihe mit verschiedenen Pflanzenarten durchgeführt, die manches Beachtenswerte ergaben und die außerdem

[1] M. Körnicke, l. c., 1895, p. 329.

[2] H. Molisch, Über Heliotropismus im Radiumlichte. Diese Sitzber. 1911, Bd. CXX, p. 305.

[3] H. Molisch, Über den Einfluß des Tabakrauches auf die Pflanze. I. und II. Teil. Diese Sitzungsberichte, 1911.

die mit Keimlingen erhaltenen Ergebnisse im wesentlichen bestätigen.

a) **Tolmiaea Menziesii.**

Am 3. Jänner 1912 wurde ein Versuch mit vier Topfpflanzen (I bis IV) gemacht. Die Pflanzen waren noch jung, jede hatte sechs Blätter.

I und II dienten zur Kontrolle.

III wurde starker Emanation 24 Stunden ausgesetzt.

IV » » » 48 » »

Nachher wurden die Pflanzen im Warmhaus aufgestellt. Sie zeigten nach der Einwirkung der Emanation zunächst nichts Bemerkenswertes. Erst am 22. Jänner wurden die Blätter bei III und IV gelb und die Produktion neuer Blätter geriet im Gegensatze zu den Kontrollpflanzen ins Stocken.

Am 17. Februar. Die Emanationspflanzen bildeten zahlreiche junge Blätter, deren Blattlamina oft eine abnorme, ganz unregelmäßige Form aufweist. Später traten wieder normale Blätter auf.

21. Mai. Alle vier Pflanzen haben sich prächtig entwickelt. Die Emanationspflanzen sind etwas weniger üppig und haben gelblichgrüne Blätter, während die Kontrollpflanzen dunkelgrüne besitzen. Sonst ist kein Unterschied bemerkbar. Alle vier Pflanzen bilden blattbürtige Sprosse.

Als dieser Versuch am 5. April 1912 wiederholt wurde, gab er im wesentlichen dasselbe Resultat.

b) **Fuchsia globosa.**

Am 3. April 1912 wurde ein Versuch mit drei jungen Topfpflanzen (I bis III) eingeleitet, deren Trieblänge ziemlich gleich (12 *cm*) war.

I diente zur Kontrolle.

II wurde einer schwachen, und

III einer starken Emanation durch 48 Stunden ausgesetzt.

Nachher wurden die Pflanzen in einem kalten Gewächshause weiter kultiviert.

Unmittelbar nach dem Herausnehmen aus dem Emanationsgefäß schienen die Pflanzen intakt, aber schon 5 Tage

nach Beginn des Versuches waren die Blätter bei III mißfarbig, fielen fast durchwegs ab und das Wachstum des Stengels geriet vollends in Stocken.

2. Mai 1912. Die Sprosse von II und III hatten sich schön weiterentwickelt und eine Höhe von 28 *cm* erreicht. III hatte die Endknospe eingebüßt und aus den Achseln der abgefallenen Blätter traten kleine Knospen von kaum $^1/_4$ bis $^1/_2$ *cm* Länge hervor. III erscheint also hochgradig geschädigt, seine weitere Entwicklung scheint geradezu lahmgelegt. 3 Wochen später war die Pflanze III tot, während die beiden anderen prächtig weiterwuchsen, II bedeutend rascher als I.

c) Plectranthus fruticosus.

Diese Pflanze ergab, als sie derselben Versuchsanstellung wie *Fuchsia* unterworfen wurde, im wesentlichen dasselbe Resultat. *Plectranthus* wurde durch die schwache Emanation im Wachstum etwas gefördert, durch die starke außerordentlich geschädigt. Das mit der starken Emanation behandelte Exemplar büßte die Endknospe ein, seine Blätter fielen sämtlich ab und neue wurden nicht gebildet. Der Stengel aber blieb $2^1/_2$ Monate am Leben und starb dann ab.

d) Aucuba japonica.

24. Februar 1912. Zwei junge, 8 *cm* hohe Pflanzen (I und II) mit eben austreibenden Endknospen.

I diente zur Kontrolle.

II wurde starker Emanation durch 48 Stunden ausgesetzt.

Nachher kamen die Pflanzen ins Kalthaus.

Unmittelbar nach Abschluß der Emanationseinwirkung zeigte sich nichts Besonderes an der Pflanze II. Aber nach etwa 8 Tagen trat die Schädigung zutage: ein Teil der jungen und alten Blätter beginnt sich zu bräunen und zu schwärzen. Bei *Aucuba* ist diese Verfärbung stets ein Zeichen des Absterbens der Zellen.

22. Mai 1912. Die Kontrollpflanze ist inzwischen bedeutend gewachsen, ihr Stengel hat sich von 8 auf 20 *cm* verlängert. Der Stengel der Emanationspflanze verlängerte sich hingegen

nur von 8 auf 9 *cm* und warf drei Blätter ab. Die jungen Blätter der Emanationspflanze sind etwas verkrüppelt, wachsen nur wenig und sind daher klein. Dieser Versuch zeigt so recht deutlich die nachhaltige Schädigung der Pflanze durch die Radiumemanation.

e) Echeveria.

Am 27. Dezember 1911 wurde ein Versuch mit zwei Topfpflanzen (I und II), deren Blattrosette 10 *cm* breit war, gemacht.

I diente zur Kontrolle.

II wurde durch 48 Stunden starker Emanation ausgesetzt.

Nach der Behandlung mit der Emanation wurden die Pflanzen an einem hellen Südfenster aufgestellt.

8. Jänner 1912. Es ist kein Unterschied zwischen den beiden Pflanzen bemerkbar.

8. Februar 1912. Die Emanationspflanze zeigt eine fast völlige Wachstumsstockung. Die alten Blätter platzen, erhalten Sprünge, verfärben sich und trocknen ein.

22. Mai 1912. Der Vegetationspunkt des Hauptsprosses hat sein Wachstum völlig sistiert und an seiner Stelle haben sich zwei Seitensprosse entwickelt, deren Rosetten aus kleineren, nicht ganz regelmäßigen Blättern bestehen. Die Pflanzen wurden jetzt photographiert und die Photographie (Fig. 10) zeigt deutlich, wie die Emanation auf die fernere Entwicklung der Pflanze bedeutenden Einfluß nimmt.

f) Sedum Sieboldii.

Am 8. Februar 1912 wurde eine Topfpflanze, die mit zahlreichen, eben austreibenden Sprößchen von etwa $^1/_2$ bis 1 *cm* Länge versehen war, in zwei gleiche Hälften geteilt und jede Hälfte in einen Blumentopf (I, II) gepflanzt.

I diente zur Kontrolle.

II wurde 3 Tage der starken Emanation ausgesetzt.

Nachher wurden die Pflanzen auf einem Südfenster im Zimmer weiterkultiviert.

14. März 1912. Die Pflanze II wächst sehr wenig, ihre Sprosse sind $1^1/_2$ bis 3 *cm*, die der Kontrollpflanze 7 bis 12 *cm* lang.

3. April 1912. Die Länge der Triebe bei der Pflanze I beträgt 7 bis 10 *cm*, die der Pflanze II 4 bis 6 *cm*. Die Emanationspflanze zeigt nun etwas sehr Auffallendes und Interessantes. Bei allen ihren Sprossen, einen einzigen ausgenommen, sind die dieser *Sedum*-Art eigentümlichen, dreiblätterigen Blattwirtel verschwunden und an ihrer Stelle findet sich überall ein aus zwei gegenständigen Blättern bestehendes Blattpaar. Der eine Sproß, der ausnahmsweise noch immer dreiblätterige Wirtel zeigte, war im Verhältnis zu den anderen auffallend lang und schien von der Emanation, vielleicht weil er zur Zeit der Emanationswirkung tiefer in der Erde stak, weniger beeinflußt worden zu sein.

22. Juni 1912. Die beiden Pflanzen unterscheiden sich deutlich durch ihre Farbe. I hat mehr Anthokyan im Blatt und Stengel und ist dunkler grün als II. Die Sproßlängen unterscheiden sich nur unbedeutend, sie sind bei II etwas (1 *cm*) kürzer. Die Emanationspflanze bildet immer noch, abgesehen von jenem einen Sproß, nur gegenständige Blätter und keine dreigliedrigen Blattquirl. Siehe Fig. 11.

Durch die Emanation erleidet der Vegetationspunkt eine Störung und diese gibt sich durch die Unterdrückung einer Blattreihe zu erkennen. Anstatt der dreigliedrigen Blattquirle traten dekussierte Blattpaare auf. Wenn man zahlreiche Exemplare unserer *Sedum*-Art untersucht, so findet man manchmal abweichend von der Norm einen Sproß mit dekussierten gegenständigen Blättern oder einen mit vierblätterigen Wirteln. Das Vermögen, solche Sprosse zu bilden, ist also unter gewöhnlichen Verhältnissen zweifellos vorhanden, aber in meinem Versuch wurden durch die Emanation fast alle Sprosse gezwungen, nicht Dreiblatt-, sondern Zweiblattquirle zu bilden. Bei Wiederholung dieses Versuches ergab sich dasselbe Resultat. Ich will vorläufig, da ich derzeit nur über diese beiden Versuche verfüge, keine weittragenden Schlüsse daraus ziehen, möchte aber doch jetzt schon darauf aufmerksam machen, daß, wenn weitere Versuche dasselbe ergeben sollten und wenn sich diese erworbene Eigentümlichkeit vererben sollte, wir hier einen Fall von willkürlich erzeugter Mutation vor uns hätten.

Abgesehen von den erwähnten Pflanzen wurden noch Versuche mit *Tradescantia hypophaea, Impatiens Sultani, Begonia manicata, Splitgerbera biloba, Glechoma hederacea,* Knollen von *Dahlia variabilis* und *Solanum tuberosum* gemacht. Bei allen diesen Pflanzen war eine Schädigung nach zweitägiger Einwirkung starker Emanation zu bemerken, die sich bei den Blättern von *Impatiens* unmittelbar oder ganz kurze Zeit nach der Einwirkung der Emanation kundgab, bei den anderen Pflanzen sich erst in der Folgezeit entweder durch gehemmtes Wachstum oder durch Absterben äußerte.

Wie bereits in der Einleitung bemerkt wurde, konnten Falta und Schwarz bei ihren Versuchen mit Hafer nur Förderung der Entwicklung durch Emanation bemerken, so daß es nach diesen Experimenten den Anschein gewinnt, als ob durch die Emanation nur eine Beschleunigung des Wachstums stattfindet. Stellt man aber die Versuche auf eine breitere Basis, arbeitet man mit verschiedenen Pflanzen und mit verschiedenen Emanationsmengen und verschieden lange Zeit, so zeigt sich, daß die hemmende oder schädigende Wirkung die Regel ist, daß aber bei Anwendung geringer Emanationsquantitäten auch manchmal eine Förderung eintreten kann. Bei Hafer habe ich im Gegensatz zu den beiden genannten Autoren niemals eine Förderung der Entwicklung bemerkt, obwohl ich mit sehr schwachen, starken und sehr starken Emanationen gearbeitet habe.

D. Über den Laubfall, hervorgerufen durch Emanation.

Schon bei den Versuchen mit krautigen Pflanzen konnte ich öfters die Beobachtung machen, daß die in starker Emanation befindlichen Pflanzen die Neigung zeigen, ihre Blätter abzuwerfen. Um diesen Gegenstand zu prüfen, wurden einige holzige Leguminosen mit gefiederten Blättern der Untersuchung unterworfen; Leguminosen deshalb, weil ich bei einschlägigen Versuchen im Tabakrauch[1] die Erfahrung gemacht hatte, daß

[1] H. Molisch, Über den Einfluß des Tabakrauches etc., l. c., II. Teil, p. 826.

sich für solche Versuche besonders Leguminosen eignen, indem gerade sie sich des Laubes in ganz überraschend kurzer Zeit entledigen können.

Es wurden je ein oder je zwei 10 bis 20 *cm* lange Zweige in eine mit Wasser gefüllte, kurze Eprouvette eingestellt und dann in den Emanationsraum gebracht, der verfinstert wurde. Die Versuche verliefen bei gewöhnlicher Zimmertemperatur.

Caragana arborescens.

Beginn des Versuches am 22. April 1912.

Datum	Zahl der abgefallenen Fiederblättchen			Anmerkung
	in reiner Luft	in schwacher Emanation	in starker Emanation	
23. IV.	0	0	0	
25. IV.	0	0	245	Selbst die jüngsten Blättchen fielen bei der leisesten Berührung ab. Die gemeinsamen Blattstiele haften noch.

Amorpha fruticosa.

Beginn des Versuches am 24. Mai 1912.

Datum	Zahl der abgefallenen Fiederblättchen			Anmerkung
	in reiner Luft	in mittelstarker Emanation	in starker Emanation	
26. V.	0	0	0	
28. V.	0	0	74	
3. VI.	0	0	111	Der Stengel mißfarbig.

Halimodendron argenteum.

Beginn des Versuches am 21. Juni 1912.

Datum	Zahl der abgefallenen Fiederblättchen			Anmerkung
	in reiner Luft	in mittelstarker Emanation	in starker Emanation	
22. VI.	0	0	0	
24. VI.	56	103	152	
25. VI.	116	149	162	
27. VI.	121	156	170	

Robinia Pseudacacia.

Beginn des Versuches am 15. Juni 1912.

Datum	Zahl der abgefallenen Fiederblättchen			Anmerkung
	in reiner Luft	in mittelstarker Emanation	in starker Emanation	
17. V.	1	1	4	
18. V.	6	24	86	
19. V.	13	32	87	

Nach den in den Tabellen niedergelegten Resultaten kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß der Laubfall durch die Emanation in hohem Grade gefördert wird. Selbst zu einer Zeit, da die Tendenz, die Blätter fallen zu lassen, noch gar nicht vorhanden ist, ja zu einer Zeit, da die Blätter noch ganz jung und noch weit davon entfernt sind, ihre definitive Größe erreicht zu haben, wie im Frühling, tritt der Laubfall ein, und zwar früher als in reiner Luft, obwohl die Unterbindung der Transpiration und der Lichtabschluß in den Kontrollversuchen den Laubfall gleichfalls begünstigt (*Caragana* und andere).

Wir stehen hier vor dem interessanten Falle, daß die Emanation gleich dem Lichtabschluß oder der Unterdrückung

der Transpiration als Reiz auf die Anlage und die Ausbildung der Trennungsschichte wirkt, also ganz lokal Gewebe zum Wachstum veranlaßt.

Zusammenfassung.

1. Die Radiumemanation übt von einer gewissen Konzentration an auf wachsende Pflanzen einen schädigenden Einfluß aus. Keimlinge verschiedener Art, gleichgültig, ob ihre Samen oder ob sie selbst der Emanation ausgesetzt waren, bleiben im Wachstum auffallend zurück oder hören ganz zu wachsen auf oder gehen nach einiger Zeit zugrunde.

Die Schädigung ist meistens eine dauernde. Während Pflanzen, in anderer Weise geschädigt, z. B. durch längeren Aufenthalt in einer mit Tabakrauch oder Leuchtgas verunreinigten Luft, wieder normal werden, wenn sie in reine Luft gebracht werden, ist dies bei den Emanationspflanzen nicht der Fall. Es tritt hier eine physiologische Nachwirkung ein, der zugefügte Insult wirkt weiter. Besonders ist es der Vegetationspunkt, der in Mitleidenschaft gezogen wird. Dies läßt sich an verschiedenen Keimlingen beobachten. Bei denen von *Cichorium Jntybus, Helianthus annuus, Cucurbita Pepo, Beta vulgaris* u. a. tritt nach der Einwirkung der Emanation oft noch gutes Wachstum der Keimblätter ein, allein die Endknospe bleibt sitzen und entwickelt sich nicht oder nur sehr langsam weiter. Ähnliches gilt von der Wurzel und ihrer Vegetationsspitze.

Keimlinge, die unter dem Einfluß der Emanation stehen oder standen, zeigen noch andere Eigentümlichkeiten: Sie lösen ihre Nutation früher auf, strecken also ihre Spitze früher gerade als normale, sie ergrünen langsamer und bilden weniger Anthokyan. Manche, wie *Secale Cereale* und *Avena sativa,* scheiden an ihrer Spitze eine weiße, krystallinische Masse aus.

2. Die Emanation muß aber nicht immer hemmend oder gar tötend auf die Pflanze einwirken, sie kann auch, wenn sie in geringen Mengen geboten wird, eine Förderung der Entwicklung hervorrufen. Das war bei den Keimlingen von *Matthiola incana* (Sommerlevkojen), *Cucurbita Pepo* und *Helianthus annuus* der Fall, bei den beiden letzteren, wenn die Emanation auf die Samen und nicht erst auf den Keimling

wirkte. So wie gewisse Gifte in Spuren fördernd wirken, in größeren Mengen aber schädigend oder tötend, so auch die Emanation.

3. Die Emanation schädigt nicht bloß die Keimlinge, sondern auch die bereits entwickelten Organe der Pflanzen. So werden Blätter unter ein- bis dreitägigem Einfluß starker Emanation mißfarbig (*Aucuba japonica, Fuchsia globosa*) oder glasig durchscheinend (*Impatiens Sultani*). Die Schädigung kann schon im Emanationsraume oder erst später auftreten.

4. Überraschend erscheint der Einfluß der Emanation auf den Laubfall. Gewisse Leguminosen, wie *Caragana arborescens, Amorpha fruticosa, Robinia Pseudacacia* u. a. werfen in der Emanationsluft die Blätter viel früher ab als in reiner Luft, und zwar auch schon im Frühjahr und Sommer, wenn unter normalen Verhältnissen noch gar nicht die Tendenz zum Laubfall besteht.

5. Es wurde bereits bemerkt, daß die Emanation speziell den Vegetationspunkt in hohem Grade zu beeinflussen vermag. In besonders prägnanter Weise trat dies in Versuchen mit *Sedum Sieboldii* hervor. Die Sprosse dieser Pflanze bilden normal dreigliedrige Blattquirle. Sprosse, die in ganz jungen Entwicklungsstadien 3 Tage starker Emanation ausgesetzt wurden, entwickeln von da an keine dreiblätterigen Wirtel, sondern nur dekussiert stehende Blattpaare. Dieser Fall könnte, wenn sich herausstellen sollte, daß diese Eigentümlichkeit sich vererbt, von Bedeutung werden. Man stünde hier vor einer willkürlich erzeugten Mutation.

6. Wie wirkt die Emanation? Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Emanation chemisch auf die Zelle einwirkt, ähnlich wie ein Gift. Stark von der Emanation beeinflußte Keimlinge können, obwohl ihre Reservestoffbehälter von Baumaterial strotzen, nicht oder nur wenig weiterwachsen, weil durch den chemischen Eingriff die Reservestoffe nicht mobilisiert werden. Ob durch Lahmlegung der Fermente oder in anderer Weise, müssen spezielle Untersuchungen lehren.

Mit der Behauptung, die Emanation wirke chemisch, soll nicht gesagt sein, daß die Moleküle nicht auch mechanisch durch das Bombardement der α-Strahlung und die Strahlung

der Zerfallsprodukte geschädigt und ihr Atomverband gelockert werden könnten.

7. Die Emanationsmenge, die sich bei Anwendung der starken Radiumlösung im Versuchsraume befand und die auf Pflanzen hochgradig schädigend oder tötend wirkt, war zwar relativ sehr groß, aber dem Gewichte nach eine erstaunlich geringe. Sie betrug etwa 0·0000063 *mg*. Es dürfte wenige Gifte geben, die schon in so kleinen Dosen so tiefgreifende Schädigungen an Pflanzen hervorzurufen vermögen, wie die Radiumemanation.

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 2. *Vicia sativa*. Keimlinge links Kontrollexemplare, Keimlinge rechts nach Einwirkung starker Emanation. Die Emanation hemmt die Entwicklung hochgradig.

Fig. 3. *Phaseolus multiflorus*. Keimlinge links Kontrollexemplare, rechts nach Einwirkung starker Emanation. Die Emanation hemmt die Entwicklung.

Fig. 4. *Pisum sativum*. Keimlinge links Kontrollexemplare, rechts nach Einwirkung der Emanation. Die Emanation hemmt die Entwicklung.

Fig. 5. *Cucurbita Pepo*. Keimlinge links nach Einwirkung starker, Keimlinge mitten nach Einwirkung schwacher Emanation, rechts Kontrollexemplare. Die starke Emanation schädigt hochgradig, die schwache förder merklich.

Fig. 6. *Helianthus annuus*. Keimlinge links nach Einwirkung starker, mitten nach Einwirkung schwacher Emanation, rechts Kontrollkeimlinge. Die starke Emanation schädigt, die schwache fördert etwas die Entwicklung.

Tafel II.

Fig. 7. *Secale cereale*. Keimlinge links nach Einwirkung starker Emanation, Keimlinge mitten nach Einwirkung schwacher Emanation, rechts Kontrollkeimlinge. Die starke Emanation hemmt die Entwicklung und tötet, die schwache hemmt auch, aber wenig.

Fig. 8. *Phaseolus multiflorus*. Keimlinge links nach Einwirkung starker, Keimlinge mitten nach Einwirkung schwacher Emanation, rechts Kontrollexemplare. Die starke Emanation schädigt stark, die schwache fördert etwas.

Fig. 9. *Mathiola annua* (Sommerlevkoje). Keimlinge links nach Einwirkung starker Emanation, Keimlinge mitten nach Einwirkung schwacher Emanation, rechts Kontrollexemplare. Die starke Emanation schädigt hochgradig, die schwache hingegen fördert merklich.

Tafel III.

Fig. 10. *Echeveria glauca.* Rechts Kontrollpflanze, links Pflanze 5 Monate nach der Einwirkung der Emanation. An Stelle der alten Rosette, deren Blätter abstarben, haben sich zwei seitliche Rosetten mit kleineren Blättern gebildet.

Fig. 11. *Sedum Sieboldii.* Links Kontrollpflanze mit normalen dreiblätterigen Blattquirlen, rechts Pflanze 4 Monate nach der Einwirkung der Emanation. Sie bildet in der Regel keine Dreiblattquirle mehr, sondern fast nur dekussiert stehende Blattpaare.

Im übrigen vergleiche man den Text.





Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

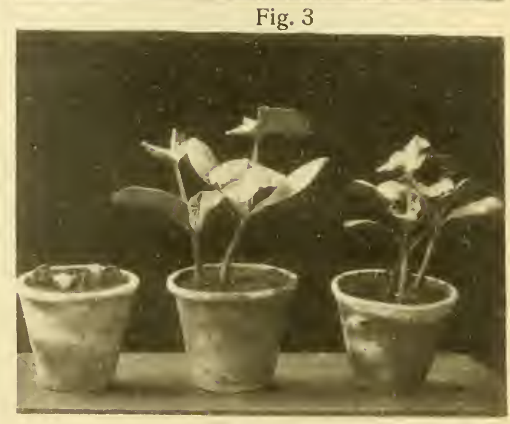


Fig. 5



Richter O. et Molisch H. fec.

Fig. 6

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.





Fig. 7



Fig. 8



Richter O. et Molisch H. fec. Fig. 9 Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

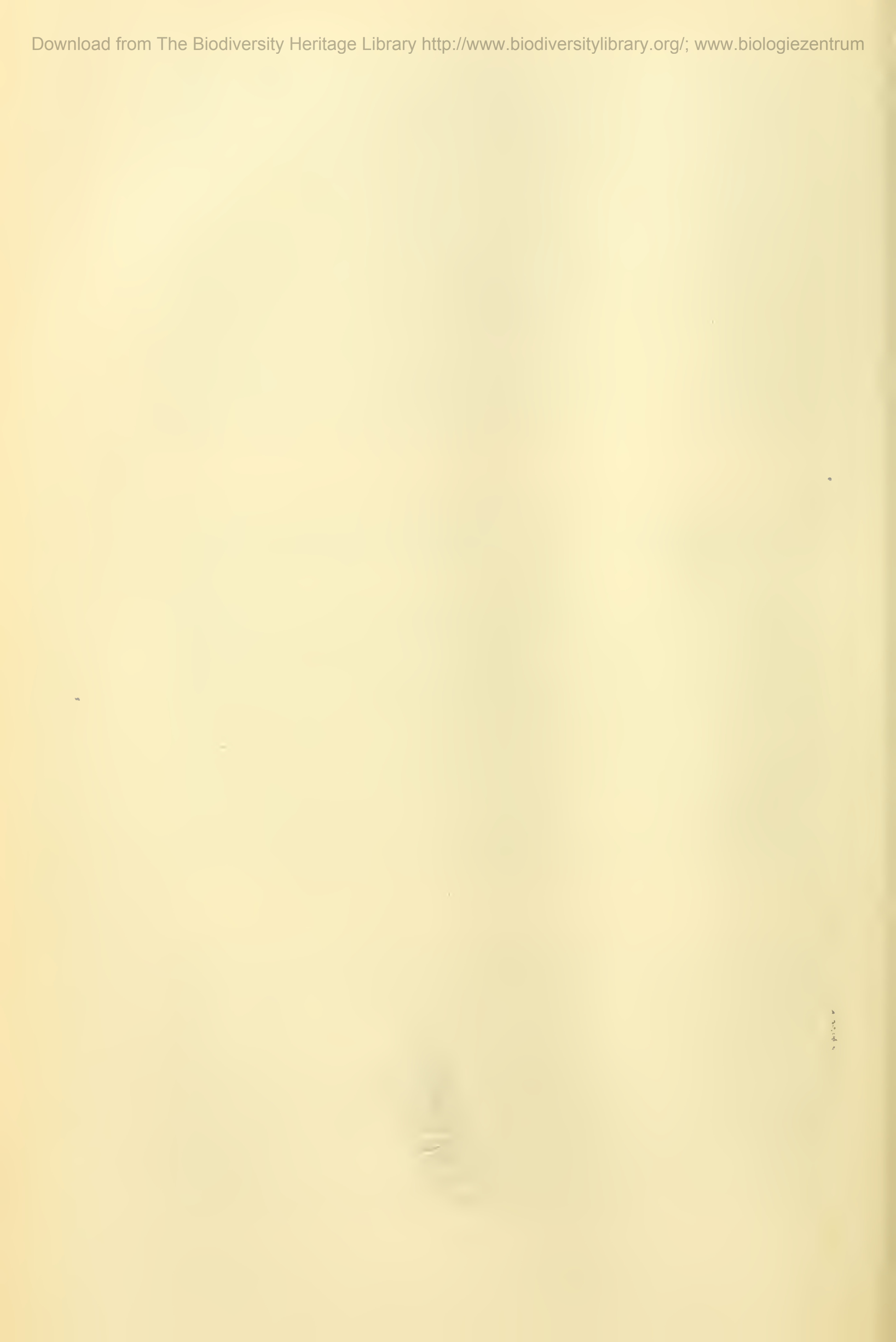




Fig. 10



Richter O. et Molisch H. fec. Fig. 11 Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.